

02aA27P

高速点火レーザー核融合炉の設計コードの開発と実用炉設計領域の探索

Development of the System Code for Designing a Fast Ignition Laser Fusion Reactor
and Searching of the Feasible Design Regime for a Commercial Plant後藤 拓也¹, 岡野 邦彦^{1,2}, 日渡 良爾², 小川 雄一³,
東大新領域¹, 電中研², 東大高温プラズマ³Takuya GOTO¹, Kunihiko OKANO^{1,2}, Ryoji HIWATARI², Yuichi OGAWA³Graduate School of Frontier Science¹, High Temperature Plasma Center², The University of Tokyo,
Central Research Institute of Electric Power Industry²

高速点火方式によるレーザー核融合は、中心点火方式に比べ 1/10 程度の小さなエネルギー入力で十分なターゲット利得を得られるところに特徴がある。これは、点火に必要なレーザーシステムの条件の緩和とともに、低出力炉の設計可能性を意味する。

レーザー核融合炉において最もクリティカルな問題は、ターゲットの燃焼により発生する X 線および高エネルギー粒子による第 1 壁のパルス熱負荷と、最終光学系に対する中性子負荷である。炉壁を液体金属で覆う液体壁方式を採用し、許容パルス熱負荷を大きくしてコスト増につながる炉チェンバーの大型化を抑える方法も考えられているが、液体壁では蒸発した液体金属の存在がターゲット入射やレーザー照射を妨げるため、チェンバー環境が回復するまで次の照射を行うことができない。このため液体壁方式では照射の繰り返し頻度は数 Hz 程度に制限される。一方、レーザー側は数 10Hz の繰り返し照射が可能であり、1 つのレーザーを複数の炉チェンバーに振り分けて照射し、レーザーの利用効率を高める設計も考えられている。

しかし、小パルス出力が可能な高速点火では、パルス熱負荷も低く抑えられることから、固体壁であっても比較的小さなチェンバーの設計に可能性がある。固体壁であればレーザーの繰り返し照射頻度を高めることができるため、単一チェンバーで 1 パルス出力が小さくとも核融合出力を一定以上に保つことは可能である。この固体壁、単一チェンバー、小出力レーザーの高繰り返し照射という設計方針は、システムが単純かつ小型であることから、経済性の面からも有利となる可能性がある。また、この設計方針のもとでは、小出力のレーザー核融合炉の設計にも可能性が見出せる。このような小出力核融合炉の設計は核融合エネルギーのオプションを増やすものであり、総合的な核融合開発の観点からも有意義であると考えられる。

そこで我々は高速点火レーザー核融合炉の簡易な設計システムコードを開発し、上述した設計方針に基いた実用炉設計領域の探索を行っている。経済性が成り立つ範囲に循環電力を抑えるためには、ターゲット利得として少なくとも 100 以上が必要であるが、高速点火方式ではアイゼントロップ $\alpha = 3$ 、爆縮効率 $\eta_c = 5\%$ 、加熱効率 $\eta_h = 20\%$ の比較的保守的なパラメータにおいてもエネルギー入力 300kJ でターゲット利得が 100 を超える解があり、爆縮効率等に多少の向上を見込めば 150 程度のターゲット利得も達成可能である (図 1)。このターゲットによるパルス出力は 45MJ であり、炉チェンバー半径が 5.6m あればパルス壁負荷をタングステンの融点を超えない $2\text{J}/\text{cm}^2$ 以下に抑えることができる。このターゲットを 30Hz で繰り返し照射すれば、核融合出力 1.2GW が達成可能である。

講演では具体的な経済性評価を含めた解析の結果をもとに、このような小出力の固体壁高繰り返し炉の設計成立領域について報告する。

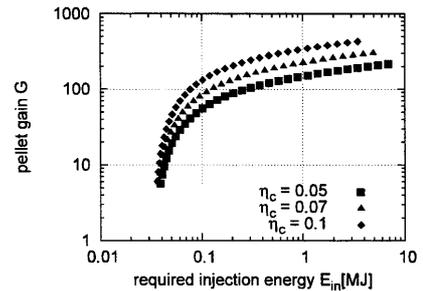


図 1: ゲインカーブの爆縮効率依存性